08 | 所有权：值的借用是如何工作的？

2021-09-08 陈天

《陈天 · Rust 编程第一课》 课程介绍 >

讲述：陈天
时长 14:14 大小 13.04M

你好，我是陈天。

上一讲我们学习了 Rust 所有权的基本规则，在 Rust 下，值有单一的所有者。

当我们进行变量赋值、传参和函数返回时，如果涉及的数据结构没有实现 Copy trait，就会默认使用 Move 语义转移值的所有权，失去所有权的变量将无法继续访问原来的数据；如果数据结构实现了 Copy trait，就会使用 Copy 语义，自动把值复制一份，原有的变量还能继续访问。

虽然，单一所有权解决了其它语言中值被任意共享带来的问题，但也引发了一些不便。我们上一讲提到：**当你不希望值的所有权被转移，又因为没有实现 Copy trait 而无法使用**

Copy 语义，怎么办？你可以“借用”数据，也就是这一讲我们要继续介绍的 Borrow 语义。

Borrow 语义

顾名思义，Borrow 语义允许一个值的所有权，在不发生转移的情况下，被其它上下文使用。就好像住酒店或者租房那样，旅客 / 租客只有房间的临时使用权，但没有它的所有权。另外，Borrow 语义通过引用语法（& 或者 &mut）来实现。

看到这里，你是不是有点迷惑了，怎么引入了一个“借用”的新概念，但是又写“引用”语法呢？

其实，**在 Rust 中，“借用”和“引用”是一个概念**，只不过在其他语言中引用的意义和 Rust 不同，所以 Rust 提出了新概念“借用”，便于区分。

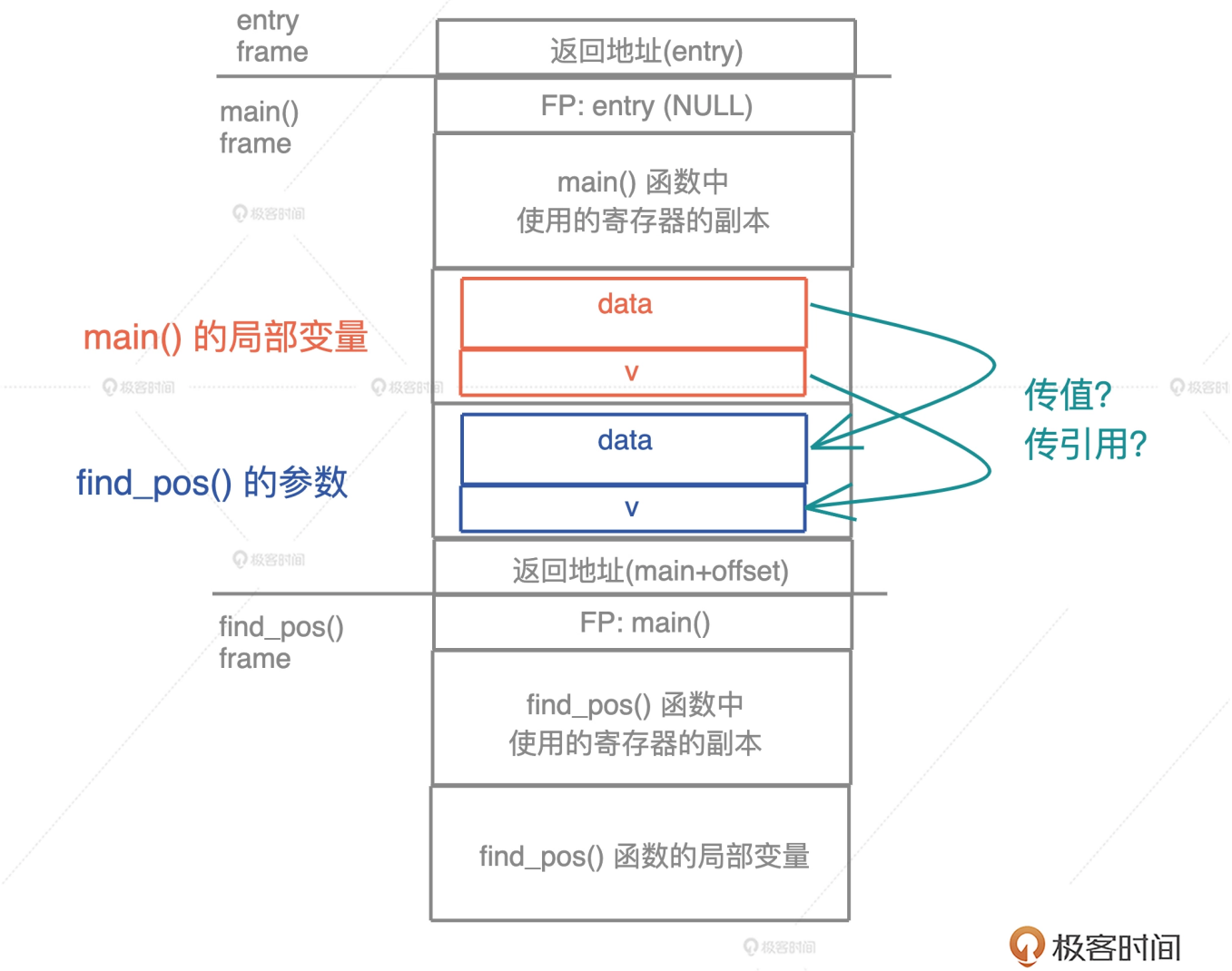
在其他语言中，引用是一种别名，你可以简单理解成鲁迅之于周树人，多个引用拥有对值的无差别的访问权限，本质上是共享了所有权；而在 Rust 下，所有的引用都只是借用了“临时使用权”，它并不破坏值的单一所有权约束。

因此**默认情况下，Rust 的借用都是只读的**，就好像住酒店，退房时要完好无损。但有些情况下，我们也需要可变的借用，就像租房，可以对房屋进行必要的装饰，这一点待会详细讲。

所以，如果我们想避免 Copy 或者 Move，可以使用借用，或者说引用。

只读借用 / 引用

本质上，引用是一个受控的指针，指向某个特定的类型。在学习其他语言的时候，你会注意到函数传参有两种方式：传值（pass-by-value）和传引用（pass-by-reference）。



以 Java 为例，给函数传一个整数，这是传值，和 Rust 里的 Copy 语义一致；而给函数传一个对象，或者任何堆上的数据结构，Java 都会自动隐式地传引用。刚才说过，Java 的引用是对象的别名，这也导致随着程序的执行，同一块内存的引用到处都是，不得不依赖 GC 进行内存回收。

但 Rust 没有传引用的概念，**Rust 所有的参数传递都是传值**，不管是 Copy 还是 Move。所以在 Rust 中，你必须显式地把某个数据的引用，传给另一个函数。

Rust 的引用实现了 Copy trait，所以按照 Copy 语义，这个引用会被复制一份交给要调用的函数。对这个函数来说，它并不拥有数据本身，数据只是临时借给它使用，所有权还在原来的拥有者那里。

在 Rust 里，引用是一等公民，和其他数据类型地位相等。

还是用上一讲有两处错误的 代码 2 来演示。

复制代码

```
fn main() {
    let data = vec![1, 2, 3, 4];
    let data1 = data;
    println!("sum of data1: {}", sum(data1));
    println!("data1: {:?}", data1); // error1
    println!("sum of data: {}", sum(data)); // error2
}

fn sum(data: Vec<u32>) -> u32 {
    data.iter().fold(0, |acc, x| acc + x)
}
```

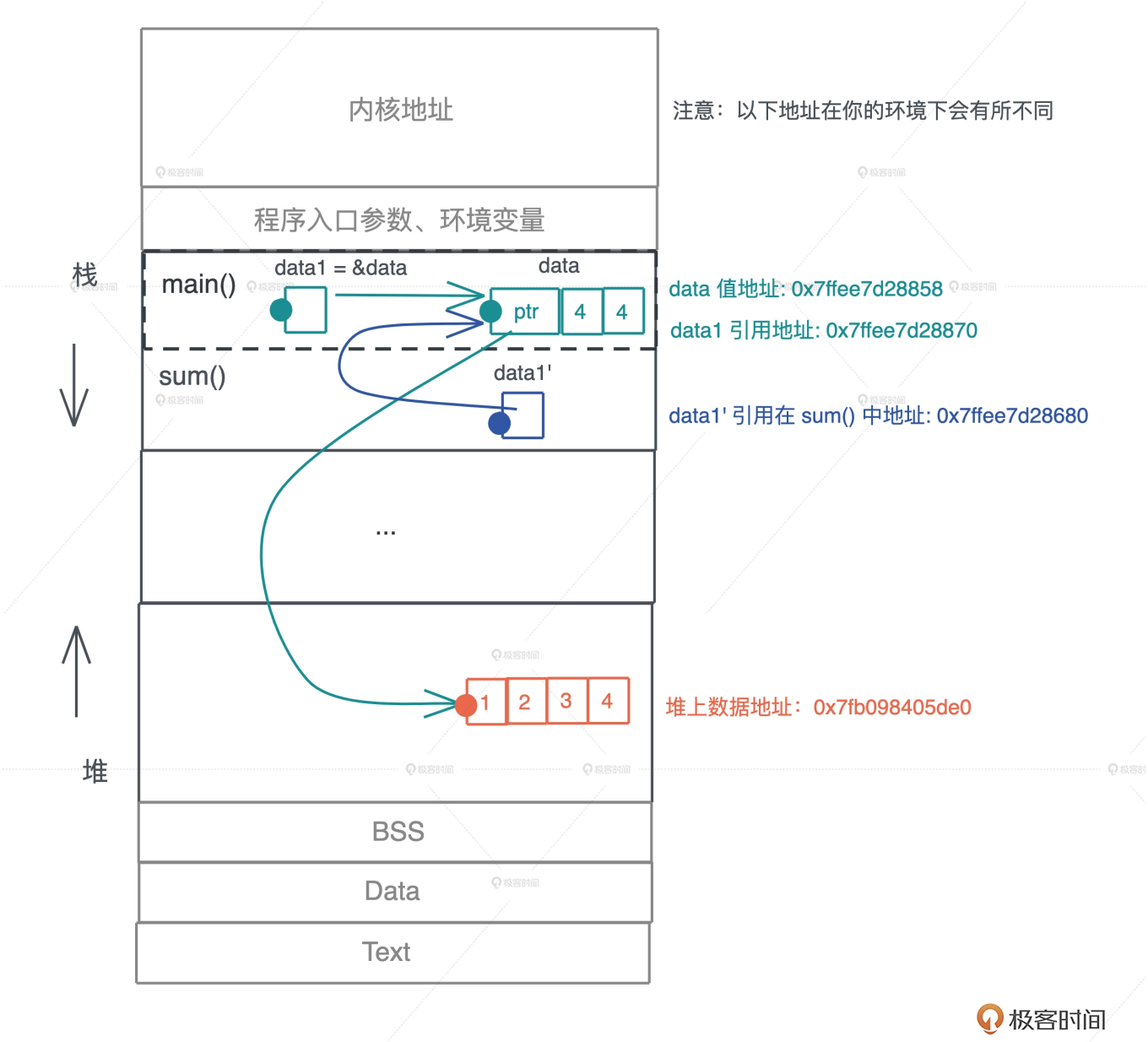
我们把 代码 2 稍微改变一下，通过添加引用，让编译通过，并查看值和引用的地址（ 代码 3 ）：

复制代码

```
fn main() {
    let data = vec![1, 2, 3, 4];
    let data1 = &data;
    // 值的地址是什么？引用的地址又是什么？
    println!(
        "addr of value: {:p}({:p}), addr of data {:p}, data1: {:p}",
        &data, data1, &&data, &data1
    );
    println!("sum of data1: {}", sum(data1));

    // 堆上数据的地址是什么？
    println!(
        "addr of items: [{:p}, {:p}, {:p}, {:p}]",
        &data[0], &data[1], &data[2], &data[3]
    );
}

fn sum(data: &Vec<u32>) -> u32 {
    // 值的地址会改变么？引用的地址会改变么？
    println!("addr of value: {:p}, addr of ref: {:p}", data, &data);
    data.iter().fold(0, |acc, x| acc + x)
}
```

在运行这段代码之前，你可以先思考一下，data 对应值的地址是否保持不变，而 data1 引用的地址，在传给 sum() 函数后，是否还指向同一个地址。

好，如果你有想法了，可以再运行代码验证一下你是否正确，我们再看下图分析：



data1、&data 和传到 sum() 里的 data1’ 都指向 data 本身，这个值的地址是固定的。但是它们引用的地址都是不同的，这印证了我们讲 Copy trait 的时候，介绍过**只读引用实现了 Copy trait，也就意味着引用的赋值、传参都会产生新的浅拷贝**。

虽然 data 有很多只读引用指向它，但堆上的数据依旧只有 data 一个所有者，所以值的任意多个引用并不会影响所有权的唯一性。

但我们马上就发现了新问题：一旦 data 离开了作用域被释放，如果还有引用指向 data，岂不是造成我们想极力避免的使用已释放内存（use after free）这样的内存安全问题？怎么办呢？

借用的生命周期及其约束

所以，我们对值的引用也要有约束，这个约束是：借用不能超过（outlive）值的生存期。

这个约束很直观，也很好理解。在上面的代码中，sum() 函数处在 main() 函数下一层调用栈中，它结束之后 main() 函数还会继续执行，所以在 main() 函数中定义的 data 生命周期要比 sum() 中对 data 的引用要长，这样不会有任何问题。

但如果是这样的代码呢（情况 1）？

复制代码

```
fn main() {
    let r = local_ref();
    println!("r: {:p}", r);
}

fn local_ref<'a>() -> &'a i32 {
    let a = 42;
    &a
}
```

显然，生命周期更长的 main() 函数变量 r ，引用了生命周期更短的 local_ref() 函数里的局部变量，这违背了有关引用的约束，所以 Rust 不允许这样的代码编译通过。

那么，如果我们在堆内存中，使用栈内存的引用，可以么？

根据过去的开发经验，你也许会脱口而出：不行！因为堆内存的生命周期显然比栈内存要更长更灵活，这样做内存不安全。

我们写段代码试试看，把一个本地变量的引用存入一个可变数组中。从基础知识的学习中我们知道，可变数组存放在堆上，栈上只有一个胖指针指向它，所以这是一个典型的把栈上变量的引用存在堆上的例子（情况 2）：

复制代码

```
fn main() {
    let mut data: Vec<&u32> = Vec::new();
    let v = 42;
    data.push(&v);
    println!("data: {:?}", data);
}
```

竟然编译通过，怎么回事？我们变换一下，看看还能编译不（情况 3），又无法通过了！

复制代码

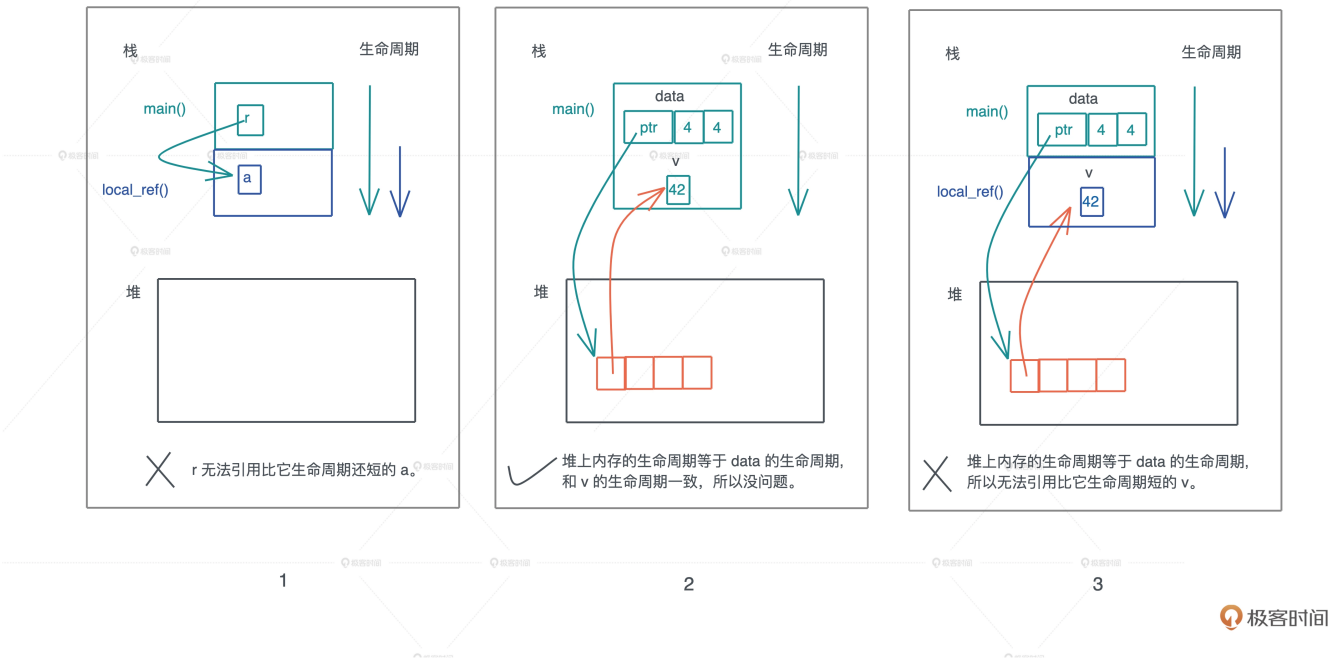
```
fn main() {
    let mut data: Vec<&u32> = Vec::new();
    push_local_ref(&mut data);
    println!("data: {:?}", data);
}

fn push_local_ref(data: &mut Vec<&u32>) {
    let v = 42;
    data.push(&v);
}

```

到这里，你是不是有点迷糊了，这三种情况，为什么同样是对栈内存的引用，怎么编译结果都不一样？

这三段代码看似错综复杂，但如果抓住了一个核心要素“在一个作用域下，同一时刻，一个值只能有一个所有者”，你会发现，其实很简单。

堆变量的生命周期不具备任意长短的灵活性，因为堆上内存的生死存亡，跟栈上的所有者牢牢绑定。而栈上内存的生命周期，又跟栈的生命周期相关，所以我们**核心只需要关心调用栈的生命周期**。

现在你是不是可以轻易判断出，为什么情况 1 和情况 3 的代码无法编译通过了，因为它们引用了生命周期更短的值，而情况 2 的代码虽然在堆内存里引用栈内存，但生命周期是相同的，所以没有问题。



好，到这里，默认情况下，Rust 的只读借用就讲完了，借用者不能修改被借用的值，简单类比就像住酒店，只有使用权。

但之前也提到，有些情况下，我们也需要可变借用，想在借用的过程中修改值的内容，就像租房，需要对房屋进行必要的装饰。

可变借用 / 引用

在没有引入可变借用之前，因为一个值同一时刻只有一个所有者，所以如果要修改这个值，只能通过唯一的所有者进行。但是，如果允许借用改变值本身，会带来新的问题。

我们先看第一种情况，**多个可变引用共存**：

复制代码

```
fn main() {
    let mut data = vec![1, 2, 3];

    for item in data.iter_mut() {
        data.push(*item + 1);
    }
}
```

这段代码在遍历可变数组 data 的过程中，还往 data 里添加新的数据，这是很危险的动作，因为它破坏了循环的不变性（loop invariant），容易导致死循环甚至系统崩溃。所以，在同一个作用域下有多个可变引用，是不安全的。

由于 Rust 编译器阻止了这种情况，上述代码会编译出错。我们可以用 Python 来体验一下多个可变引用可能带来的死循环：

复制代码

```
if __name__ == "__main__":
    data = [1, 2]
    for item in data:
        data.append(item + 1)
        print(item)
    # unreachable code
    print(data)
```

同一个上下文中多个可变引用是不安全的，那如果**同时有一个可变引用和若干个只读引用**，会有问题吗？我们再看一段代码：

复制代码

```
fn main() {
    let mut data = vec![1, 2, 3];
    let data1 = vec![&data[0]];
    println!("data[0]: {:p}", &data[0]);

    for i in 0..100 {
        data.push(i);
    }

    println!("data[0]: {:p}", &data[0]);
    println!("boxed: {:p}", &data1);
}
```

在这段代码里，不可变数组 data1 引用了可变数组 data 中的一个元素，这是个只读引用。后续我们往 data 中添加了 100 个元素，在调用 `data.push()` 时，我们访问了 data 的可变引用。

这段代码中，data 的只读引用和可变引用共存，似乎没有什么影响，因为 data1 引用的元素并没有任何改动。

如果你仔细推敲，就会发现这里有内存不安全的潜在操作：如果继续添加元素，堆上的数据预留的空间不够了，就会重新分配一片足够大的内存，把之前的值拷过来，然后释放旧的内存。这样就会让 data1 中保存的 &data[0] 引用失效，导致内存安全问题。

Rust 的限制

多个可变引用共存、可变引用和只读引用共存这两种问题，通过 GC 等自动内存管理方案可以避免第二种，但是第一个问题 GC 也无济于事。

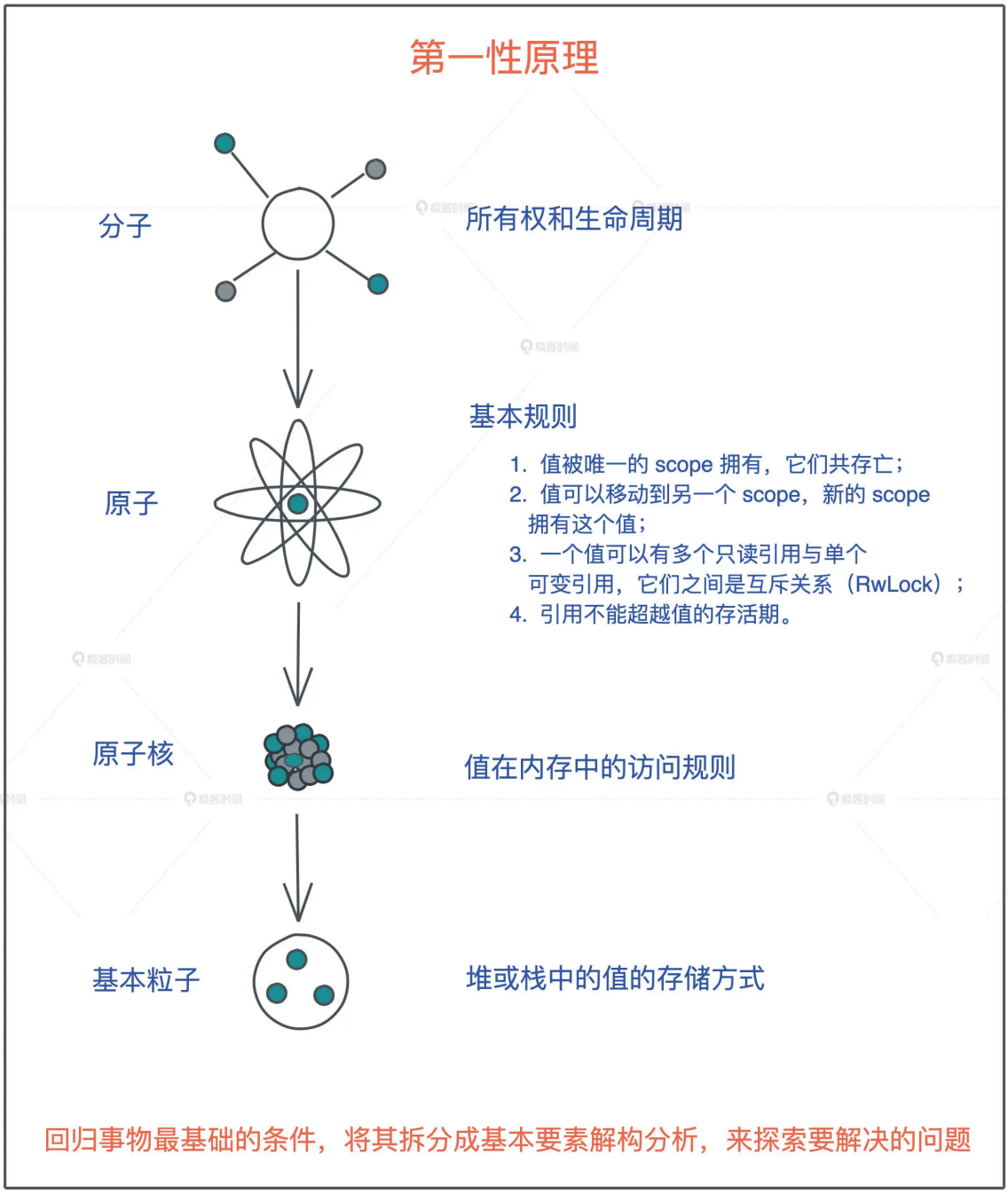
所以为了保证内存安全，Rust 对可变引用的使用也做了严格的约束：

> **在一个作用域内，仅允许一个活跃的可变引用。**所谓活跃，就是真正被使用来修改数据的可变引用，如果只是定义了，却没有使用或者当作只读引用使用，不算活跃。
>
> 在一个作用域内，**活跃的可变引用（写）和只读引用（读）是互斥的，不能同时存在。**

这个约束你是不是觉得看上去似曾相识？对，它和数据在并发下的读写访问（比如 RwLock）规则非常类似，你可以类比学习。

从可变引用的约束我们也可以看到，Rust 不光解决了 GC 可以解决的内存安全问题，还解决了 GC 无法解决的问题。在编写代码的时候， Rust 编译器就像你的良师益友，不断敦促你采用最佳实践来撰写安全的代码。

学完今天的内容，我们再回看开篇词展示的第一性原理图，你的理解是不是更透彻了？



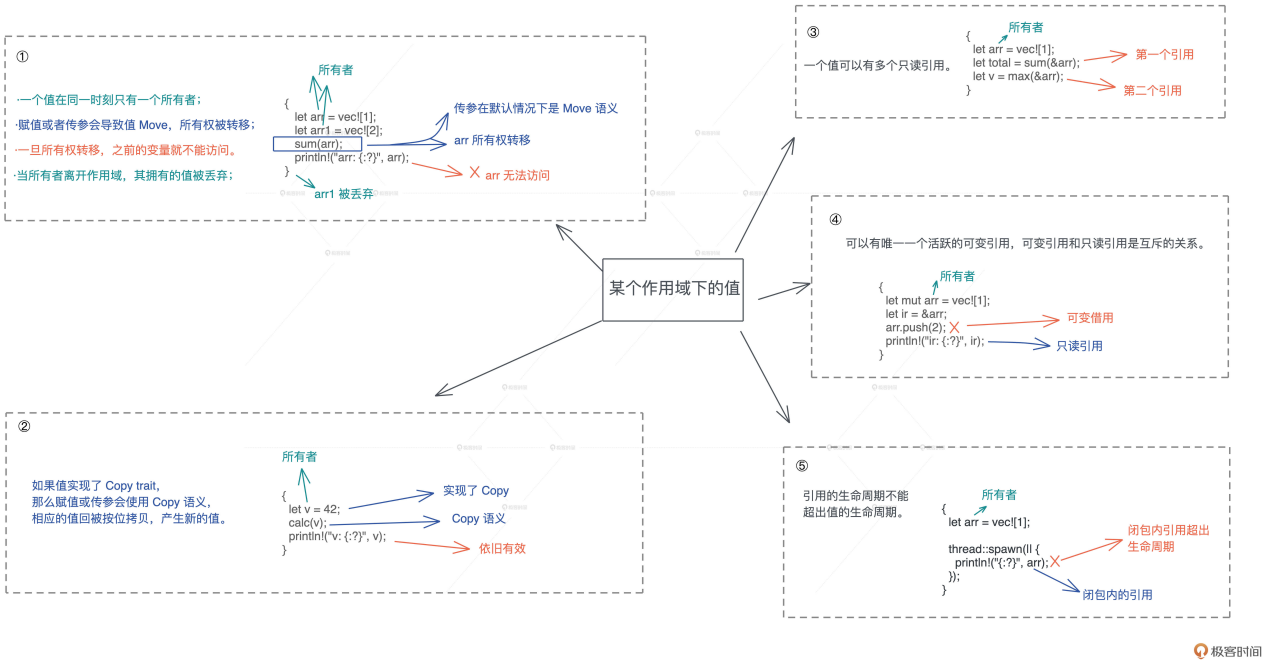
其实，我们拨开表层的众多所有权规则，一层层深究下去，触及最基础的概念，搞清楚堆或栈中值到底是如何存放的、在内存中值是如何访问的，然后从这些概念出发，或者扩展其外延，或者限制其使用，从根本上寻找解决之道，这才是我们处理复杂问题的最佳手段，也是 Rust 的设计思路。

小结

今天我们学习了 Borrow 语义，搞清楚了只读引用和可变引用的原理，结合上一讲学习的 Move / Copy 语义，Rust 编译器会通过检查，来确保代码没有违背这一系列的规则：

1. 一个值在同一时刻只有一个所有者。当所有者离开作用域，其拥有的值会被丢弃。赋值或者传参会导致值 Move，所有权被转移，一旦所有权转移，之前的变量就不能访问。
2. 如果值实现了 Copy trait，那么赋值或传参会使用 Copy 语义，相应的值会被按位拷贝，产生新的值。
3. 一个值可以有多个只读引用。
4. 一个值可以有唯一一个活跃的可变引用。可变引用（写）和只读引用（读）是互斥的关系，就像并发下数据的读写互斥那样。
5. 引用的生命周期不能超出值的生命周期。

你也可以看这张图快速回顾：



但总有一些特殊情况，比如 DAG，我们想绕过“一个值只有一个所有者”的限制，怎么办？下一讲我们继续学习……

思考题

1. 上一讲我们在讲 Copy trait 时说到，可变引用没有实现 Copy trait。结合这一讲的内容，想想为什么？
2. 下面这段代码，如何修改才能使其编译通过，避免同时有只读引用和可变引用？

复制代码

```
fn main() {
  let mut arr = vec![1, 2, 3];
  // cache the last item
  let last = arr.last();
  arr.push(4);
  // consume previously stored last item
  println!("last: {:?}", last);
}
```

欢迎在留言区分享你的思考。今天你完成了 Rust 学习的第八次打卡！如果你觉得有收获，也欢迎你分享给身边的朋友，邀 TA 一起讨论。

参考资料

有同学评论, 好奇可变引用是如何导致堆内存重新分配的，我们看一个例子。我先分配一个 capacity 为 1 的 Vec，然后放入 32 个元素，此时它会重新分配，然后打印重新分配前后 &v[0] 的堆地址时，会看到发生了变化。

所以，如果我们有指向旧的 &v[0] 的地址，就会读到已释放内存，这就是我在文中说为什么在同一个作用域下，可变引用和只读引用不能共存（代码）。

复制代码

```
use std::mem;

fn main() {
    // capacity 是 1, len 是 0
    let mut v = vec![1];
    // capacity 是 8, len 是 0
    let v1: Vec<i32> = Vec::with_capacity(8);

    print_vec("v1", v1);

    // 我们先打印 heap 地址，然后看看添加内容是否会导致堆重分配
    println!("heap start: {:p}", &v[0] as *const i32);

    extend_vec(&mut v);
```

```
    // heap 地址改变了！这就是为什么可变引用和不可变引用不能共存的原因
    println!("new heap start: {:p}", &v[0] as *const i32);

    print_vec("v", v);
}

fn extend_vec(v: &mut Vec<i32>) {
    // Vec<T> 堆内存里 T 的个数是指数增长的，我们让它恰好 push 33 个元素
    // capacity 会变成 64
    (2..34).into_iter().for_each(|i| v.push(i));
}

fn print_vec<T>(name: &str, data: Vec<T>) {
    let p: [usize; 3] = unsafe { mem::transmute(data) };
    // 打印 Vec<T> 的堆地址，capacity，len
    println!("{}: 0x{:x}, {}, {}", name, p[0], p[1], p[2]);
}
```

打印结果（地址在你机器上会不一样）：

复制代码

```
v1: 0x7f8a2f405e00, 8, 0
heap start: 0x7f8a2f405df0
new heap start: 0x7f8a2f405e20
v: 0x7f8a2f405e20, 64, 33
```

如果你运行了这段代码，你可能会注意到一个很有意思的细节：我在 playground 代码链接中给出的代码和文中的代码稍微有些不同。

在文中我的环境是 OS X，很少量的数据就会让堆内存重新分配，而 playground 是 Linux 环境，我一直试到 > 128KB 内存才让 Vec的堆内存重分配。

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

赞 22 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 07 | 所有权：值的生杀大权到底在谁手上？

下一篇 09 | 所有权：一个值可以有多个所有者么？

精选留言 (25)

写留言

woshidag 置顶
2021-09-08

第一题
可变引用可copy trait的话，相当于多个地方可以修改同一块数据，违背“一个值在同一时刻只有一个所有者”
第二题，用数组下标取值，i32实现了copy trait
fn main() {...
展开

作者回复: 非常棒！

第二题也可以先使用，后 push。

```rust
fn main() {
  let mut arr = vec![1, 2, 3];
  // cache the last item
  let last = arr.last();
  // consume previously stored last item
  println!("last: {:?}", last);
  arr.push(4);
}
```

1 7

pedro 置顶
2021-09-08

1. 上一讲我们在讲 Copy trait 时说到，可变引用没有实现 Copy trait。结合这一讲的内容，想想为什么？

在一个作用域内，仅允许一个活跃的可变引用，如果可以被 Copy，那还怎么玩。
...
展开

作者回复: 非常正确！

5

gnu
2021-09-08

```
fn main() {
    let mut arr = vec![1, 2, 3];
    // cache the last item
    let last = *arr.last().unwrap();
    arr.push(4);...
```

展开

作者回复: 嗯，这样也可以。这里隐含着使用了 i32 的 Copy trait，让 last 拷贝了一份。它对 Vec<String> 就不适用，因为 String 会做 move。你可以试着在 playground 运行这端代码看看出什么错误：

```rust
fn main() {
    let mut arr = vec![String::from("a"), String::from("b")];
    // cache the last item
    let last = *arr.last().unwrap();
    arr.push(String::from("c"));
    // consume previously stored last item
    println!("last: {:?}", last);
}
```

还有其它解法，可以参考我之前的回答。

4

bekyiu
2021-09-08

```
let mut data = vec![1, 2, 3, 4];
    let b = &mut data;
    println!("sum of data1: {}", sum(b));
    // ok
    println!("{:?}", b);...
```

展开

作者回复: 好问题。这涉及到 reborrow。在函数调用时，sum(b) 实际上等价于 sum(&mut *b)。reborrow 以后我们看有没有机会和 NLL (non-lexical lifetime) 加餐一起介绍一下。目前我们先理解好基本的所有权/借用/生命周期规则。reborrow / NLL 是为了让代码更简单易写而做的改进。

你可以通过下面的代码看 reborrow 和普通借用的区别：

```rust
fn main() {
    let mut x = 42;

    let r1 = &mut x;
    // reborrow 可以通过
    let r2 = &*r1;
    // &x 不可以
    // let r2 = &x;

    println!("r1: {:p}, r2: {:p}", &r1, &r2);

    *r1 += 1;
}
```

5

Ryan
2021-09-08

堆变量的生命周期不具备任意长短的灵活性，因为堆上内存的生死存亡，跟栈上的所有者牢牢绑定。
这应该算是一个很强的限制，如果我希望有一段内存的生命周期是由我的业务逻辑决定的，在rust中要如何实现呢？这种情况下又如何让rust帮助我管理生命周期，减少错误呢？

展开

作者回复: 你可以用 Box::leak / Box:into_raw / ManuallyDrop 让堆内存完全脱离自动管理。按照你的需求，你可以使用 ManuallyDrop。代码如下：

```rust
use std::mem::ManuallyDrop;
```

```
fn main() {
    // 使用 ManuallyDrop 封装数据结构使其不进行自动 drop
    let mut s = ManuallyDrop::new(String::from("Hello World!"));

    // ManuallyDrop 使用了 Deref trait 指向 T，所以可以当 String 使用
    s.truncate(5);
    println!("s: {:?}", s);

    // 如果没有这句，s 不会在 scope 结束时被自动 drop（你可以注掉试一下）
    // 如果我们想让它可以自动 drop，可以用 into_inner
    let _: String = ManuallyDrop::into_inner(s);
}
```

更详细的代码可以看 playground（我实现了个 MyString，在 Drop trait 中加了打印，这样可以更清楚地看到 drop 是否被调用）：

https://play.rust-lang.org/?version=stable&mode=debug&edition=2018&gist=4362bb2f45d252b01822d9206b988019

至于 Box::leak / Box::into_raw，我们后续会慢慢讲到。

2 5

胡小涵
2021-09-14

copy语义和move语义底层实现都是按位浅拷贝，只不过copy语义是产生新的值，move语义是所有权转移，这样理解对吧？

展开

作者回复: 正确

2

Marvichov
2021-09-12

代码3中, 为啥data的addr是&&data? 不应该就是&data嘛?

```
```

println!("addr of value: {:p}({:p}), addr of data {:p}, data1: {:p}", &data, data1, &&data, &data1);...

展开

作者回复: 眼尖，我感觉我 addr of data 是想打 &*data，这个是堆地址。

2 2

罗杰

2021-09-10

有且仅有一个活跃的可变引用存在，对于这句话还是要好好理解一下。

作者回复: 嗯，「活跃的」这个定语是 Rust 编译器做的一个优化，可以让我们不用添加不必要的作用域。可以简单这么认为：在撰写代码的时候，如果你在某处使用了一个可变引用之后就再也没用了，那么这处之后的地方这个可变引用就不是活跃的了。

1

慢动作编程

2021-09-08

1、可变引用copy导致可变引用和其它引用共存
2、活跃可变引用才会和其它引用冲突，可以调换下4，5两行

可变引用导致堆上数据重新分配，相应的被借用的栈上变量被修改，不可比引用是通过栈间接指向堆的，这种情况实际上没有问题？而文中例子最后一个，&data[0]是堆上的一...

展开

作者回复: 思考题正确。

对于可变引用和不可变引用共存的问题，我们看一个例子。我先分配一个 capacity 为 1 的 Vec<i32>，然后放入 32 个元素，此时它会重新分配。如果打印 &v[0] 的堆地址，会看到发生了变化。所以如果我们有指向旧的 &v[0] 的地址，那么就会读到已释放内存。

```rust
use std::mem;

fn main() {
    // capacity 是 1, len 是 0
    let mut v = vec![1];
    // capacity 是 8, len 是 0
```

```
    let v1: Vec<i32> = Vec::with_capacity(8);

    print_vec("v1", v1);

    // 我们先打印 heap 地址，然后看看添加内容是否会导致堆重分配
    println!("heap start: {:p}", &v[0] as *const i32);
    // Vec<T> 堆内存里 T 的个数是指数增长的，我们让它恰好 push 33 个元素
    // capacity 会变成 64
    (2..34).into_iter().for_each(|i| v.push(i));

    // heap 地址改变了！这就是为什么可变引用和不可变引用不能共存的原因
    println!("new heap start: {:p}", &v[0] as *const i32);

    print_vec("v", v);
}

fn print_vec<T>(name: &str, data: Vec<T>) {
    let p: [usize; 3] = unsafe { mem::transmute(data) };
    // 打印 Vec<T> 的堆地址，capacity，len
    println!("{}: 0x{:x}, 0x{:x}, 0x{:x}", name, p[0], p[1], p[2]);
}
```

打印结果（地址在你机器上会不一样）：

```bash
v1: 0x7f962e405e00, 0x8, 0x0
heap start: 0x7f962e405df0
new heap start: 0x7f962e405e20
v: 0x7f962e405e20, 0x40, 0x21
```

1 1

鹿洺
2021-09-18

打卡。
1、违背了一个作用域里只能有一个活跃的可变引用
2、先使用后修改

```
fn main() {...
```

展开

作者回复: 正确！

1

胡小涵
2021-09-14

“一个值只能有一个所有者”的意思是不是，一个值是必须有一个，而且只能有一个owner？

作者回复: 是的

Ethan Liu
2021-09-13

可变引用没有实现copy trait, 那可变引用如何进行函数参数传递?

作者回复: 你可以看看我在别人的留言下的回答，可变引用在使用时会进行 reborrow。

bbndd
2021-09-12

第2题这样也可以编译通过，vec 换成 String 也可以：
```
fn main() {
  let mut arr = vec![1, 2, 3];
  // cache the last item...
```
展开

作者回复: 可以。clone() 不是很必要，因为 i32 实现了 Copy。

Marvichov
2021-09-11

1. 这篇也是常看常新: https://manishearth.github.io/blog/2015/05/17/the-problem-with-shared-mutability/; 这也能解释为什么就算单线程, 某个code entry只能有一个mutable reference
2. 第二题引出了non lexical lifetime; 感觉还是第一性原理 shared mutability: 某个code entry运行时, 有且只有一个mutable reference; 不违反, 就能work;...

展开

作者回复: 非常赞！

1

峰
2021-09-10

1. 会出现一块内存，被多个引用修改的情况
2. 4，5行换个位置，让arr先做完它的活在被borrow出去。

展开

作者回复: 正确！

芥末小龙
2021-09-09

每次学完后都有一种我学了好多东西，又什么东西都没有学好的感觉。第二题两种引用的位置就可以，可变引用（写）和只读引用（读）是互斥的关系，只要保持这两种引用不交叉就可以。在多个只读引用中不能交叉存在可变引用。

展开

作者回复: 慢慢来，掌握一些知识，实践；再掌握一些，再实践。随着代码写得越来越多，就会越来越明白的。

亚伦碎语
2021-09-09

1. 因为可变引用随着值的变化，有可能发生内存的重新分配和拷贝，copy trait 是个浅拷贝，如果实现了，发生了重新分配的话，导致浅拷贝的引用失效。

2. 第二题换了另外一个思路，如果非要print在后边，那就先把值存起来，后边再用

```...
展开

作者回复: 嗯，这个方法可行，也可以简化成：

```rust
 let last = arr[arr.len() - 1];
```

但注意这里因为 i32 是 Copy，所以可行。如果是 Vec 里放的是 String，就不能这么做了。只能移动后两行的顺序。

noisyes
2021-09-09

第一题,可变引用没有实现copy trait的话，当一个可变引用传给类型是可变引用的函数参数时 是move吗，那从函数返回后原来的可变引用失效？

展开

作者回复: 这里为了代码的撰写方便，会自动做 reborrow，使得之前的可变引用还可以复用。在函数传参时，传给函数的实际是 &mut *v，你可以看看我在之前留言下的回答。

kylin
2021-09-08

老师，java的引用是不是可以理解为就是一个裸指针，传引用就相当于复制了一个裸指针，这时两个裸指针指向同一块堆内空间？而rust通过胖指针指向堆，胖指针的引用可以看做是裸指针，rust中引用的值是胖指针的地址，引用的引用就是裸指针的地址？

展开

作者回复: 首先引用和裸指针不能画等号。引用有更多的使用限制。引用根据上下文，可以是单个指针，比如 &Vec<T>（地址），也可以是胖指针，比如 &[u8]（地址+长度）。

茶底
2021-09-08
```

已然是抢答环节了

展开

作者回复: :)